Суконникова Татьяна Владимировна. Специальная сейсмозащита железнодорожных мостов: диссертация ... кандидата Технических наук: 05.23.11 / Суконникова Татьяна Владимировна;[Место защиты: ФГБОУ ВО Российский университет транспорта (МИИТ)], 2017

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Петербургский государственный

университет путей сообщения Императора Александра I»

На правах рукописи

Суконникова Татьяна Владимировна

Специальная сейсмозащита железнодорожных мостов

05.23.11 - Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов,

мостов и транспортных тоннелей

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: д.т.н., проф. Уздин Александр Моисеевич

Санкт-Петербург - 2016

Оглавление

Введение 4

Глава 1. Анализ состояния исследуемого вопроса 11

1.1 Краткий исторический очерк развития методов сейсмозащиты зданий и сооружений 11

1.2 Анализ методов сейсмогашения и сейсмоизоляции мостов 21

1.3 Анализ особенностей применения метода сейсмоизоляции на железнодорожных мостах ... 27

1.3.1 Особенности сейсмоизоляции железнодорожных мостов 27

1.3.2 Сейсмозащита виадука Чинтура, Италия 30

1.3.3 Система сейсмозащиты моста Рион-Антирион 33

1.3.4 Сейсмоизолирующие системы, реализованные в проектах железнодорожных мостов

Испании, Венгрии и Греции фирмой Maurer Sohnes (Германия) 35

1.3.5 Опыт сейсмозащиты железнодорожных мостов в Японии 37

1.4 Цели и методы исследования 38

Глава 2. Исследование работы верхнего строения пути на мостах с элементами сейсмоизоляции при эксплуатационной нагрузке 41

2.1. Причины роста эксплуатационных затрат при использовании сейсмоизоляции 41

2.2. Оценка работы рельсовых плетей сейсмоизолированного моста при торможении поезда .. 44

2.2. Анализ напряженно-деформированного состояния рельсовых плетей сейсмоизолированных

мостов от температурной нагрузки 48

2.3. Анализ напряженно-деформированного состояния рельсовых плетей

сейсмоизолированных мостов от поперечных ударов подвижного состава 58

2.4. Выводы по разделу 2. Требования к системам сейсмоизоляции железнодорожных мостов 65 Глава 3. Анализ поведения сейсмоизолированных железнодорожных мостов при действии

проектного и максимального расчетного землетрясения 67

3.1 Задача выбора расчетных воздействий для анализа эффективности сейсмоизоляции железнодорожных мостов 67

3.2. Оценка динамических характеристик сейсмоизолированных железнодорожных мостов .... 70

3.3. Анализ работы сейсмоизолированного моста с использованием акселерограмм прошлых

землетрясений 74

3.4. Анализ эффективности работы сейсмоизоляции железнодорожного моста с использованием

коротких временных процессов Аннаева-Уздина 85

3.5. Расчет по синтетическим акселерограммам, сгенерированным наиболее опасными для

рассматриваемых сооружений 99

3.6. Оценка напряженно-деформируемого состояния рельсовой плети на подходах к мосту ... 103

3.7. Выводы по главе 3 108

Глава 4. Технические решения сейсмозащиты железнодорожных мостов 110

4.1. Общие принципы сейсмозащиты железнодорожных мостов 110

4.2. Основные инженерные принципы сейсмозащиты мостов на железнодорожной линии 112

4.3 Реализация сформулированных предложений на мостах в г.Сочи 117

4.3.1 Расчетная схема для оценки параметров сейсмозащитных устройств 117

4.3.2 Особенности проведения и результаты расчета мостов при ПЗ и МРЗ 122

4.3.3 Описание и оценка характеристик вязких демпферов 127

4.4 Примеры конкретной реализации 131

5. Заключение 135

Список сокращений 138

Список литературы 139

1. Заключение

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Анализ исследований в области сейсмоизоляции мостов показывает, что использование сейсмоизолирующих опорных частей является весьма эффективным средством сейсмозащиты мостовых опор. Для сейсмичности более 8 баллов такой путь сейсмозащиты можно считать основным. Однако сейсмоизоляция в настоящее время применяется для сейсмозащиты автодорожных мостов. Наличие железнодорожного пути на мостах ограничивает возможности применения на нем систем сейсмоизоляции, поскольку приводит к большим взаимным смещениям пролетных строений относительно опор и друг друга. Это, в свою очередь, должно вести к расстройству пути и перенапряжению рельсов при эксплуатационной нагрузке. Эти вопросы до настоящего времени не были исследованы. Отсутствуют также исследования и по анализу работы пути при проектных (ПЗ) землетрясениях.
2. В Российских нормах податливость опор с опорными частями ограничена величиной Uiim=0. 5-VL (Ulim - величина в см, а L - в метрах), что существенно ограничивает возможности сейсмоизоляции. Расчеты показывают, что использование сейсмоизоляции при ограничении смещений величиной Ulim=VL обеспечивает снижение сейсмических нагрузок при действии ПЗ и не вызывает опасных напряжений в рельсе при длине моста до 200 м.
3. На основе анализа работы ВСП сейсмоизолированных железнодорожных мостов можно рекомендовать использование для них объединяющей сейсмоизоляции при ограничении ее податливости условием ограничения предельных смещений величиной Ulim=VL. При этом следует использовать термоупрочненные рельсы. Для мостов длиной до 100 м при этом обеспечивается сохранность рельсового пути на мосту и подходах. Для мостов большей длины необходим расчет целостности и устойчивости рельсовых плетей при эксплуатационных нагрузках.
4. Даже при рекомендованном допустимом смещении опоры относительно пролетного строения, обычную сейсмоизоляцию можно применять на мостах пролетом L<66 м. Для мостов пролетами более 33 м при устройстве сейсмоизоляции необходимо выполнять расчет прочности рельсового пути на эксплуатационные нагрузки.
5. Во всех случаях на сейсмоизолированных мостах предпочтение следует отдавать применению ВСП с ездой на балласте. При использовании БМП необходимо проводить расчет НДС рельсовых плетей и их проверку на разрыв (зимой) или потерю устойчивости (летом).
6. Для обеспечения прочности рельсовых плетей при эксплуатационной нагрузке парциальный период сейсмоизоляции в не должен превышать 1.25 с в обоих направлениях.
7. Расчет сейсмоизолированных мостов, включая оценку НДС рельсов, следует проводить по акселерограммам землетрясений. В настоящее время нет универсальных рекомендаций по их заданию. В имеющихся исследованиях для проведения расчетов используются акселерограммы прошлых землетрясений и различные синтетические акселерограммы. Синтетические акселерограммы оказались более опасными для расчета мостов, поскольку в них энергия концентрируется на частотах, резонансных для сооружения.
8. Из рассмотренных процессов наиболее опасным для сооружения оказался процесс Уздина-Аннаева, у которого велосиграмма задается в виде затухающей синусоиды переменной частоты. Его можно использовать для предварительного расчета сооружения. Такой результат связан с тем, что процесс не учитывает ряд особенностей сейсмического воздействия, в частности, соотношения между пиковыми ускорениями, смещениями и скоростями. Более точный результат можно получить, используя Рекомендации НТЦ СС [78], однако генерация воздействия по этим рекомендациям оказывается более сложной.
9. Важным результатом выполненных расчетов является факт отсутствия проскальзывания рельсовой плети даже при МРЗ на мостах с сейсмоизолирующими опорами. Это означает, что при их расчете всегда можно использовать рамную расчетную схему. Полученный вывод развивает известные результаты И.О.Кузнецовой [42,53,55].
10. При МРЗ возникают значительные смещения пролетного строения относительно насыпи подходов, достигающие для мостов длиной 100-150 м величины 20-30 см. Эти смещения передаются рельсовой плети и затухают на длине 100 - 150 м. При этом усилия в рельсах на границе моста и насыпи достигают величины 4000 - 4500 кг/см2. Это значит, что при использовании термоупрочненных рельсов не будет происходить их разрыва при МРЗ.
11. Установка уравнительных приборов позволяет воспринимать значительные продольные перемещения сейсмоизолированных пролетных строений, однако при этом остается открытым вопрос о поперечных нагрузках на рельсовые плети. Для повышения эффективности сейсмоизоляции можно рекомендовать использование более мощных рельсов, например Р-75. Это может позволить использование сейсмоизоляции на мостах пролетами до 88